

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08190030
PUBLICATION DATE : 23-07-96

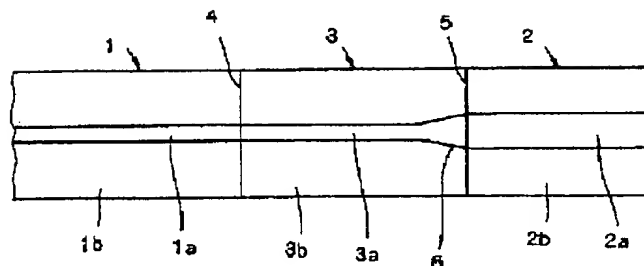
APPLICATION DATE : 11-01-95
APPLICATION NUMBER : 07018389

APPLICANT : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE;

INVENTOR : OGURA KUNIO;

INT.CL. : G02B 6/255 G02B 6/14

TITLE : CONNECTING STRUCTURE AND
CONNECTING METHOD OF
DISPERSION COMPENSATION
OPTICAL FIBER



ABSTRACT : PURPOSE: To make it possible to connect a dispersion compensation optical fiber having a clad consisting of pure silica to an ordinary single mode optical fiber having a clad consisting of pure silica with low loss.

CONSTITUTION: The dispersion compensation optical fiber 1 having the clad 1b consisting of the pure silica and the single mode optical fiber 2 having the clad 2b consisting of the pure silica are fusion-spliced by interposing an intermediate optical fiber 3 having the same mode field diameter as the mode field diameter of the dispersion compensation optical fiber 1 and having the clad 3b consisting of fluorine doped silica and the core 3a consisting of GeO_2 -doped silica between both optical fibers 1 and 2 in the case of connecting both optical fibers 1, 2. The mode field diameter of the intermediate optical fiber 3 is expanded so as to meet the mode field diameter of the single mode optical fiber 2 by heating the juncture 5 of the intermediate optical fiber 3 and the single mode optical fiber 2.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-190030

(43) 公開日 平成8年(1996)7月23日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/255

6/14

G 0 2 B 6/ 24

3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平7-18389

(22) 出願日

平成7年(1995)1月11日

(71) 出願人

000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者

杉▲崎▼ 隆一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者

赤坂 洋一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者

小倉 邦男

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(74) 代理人

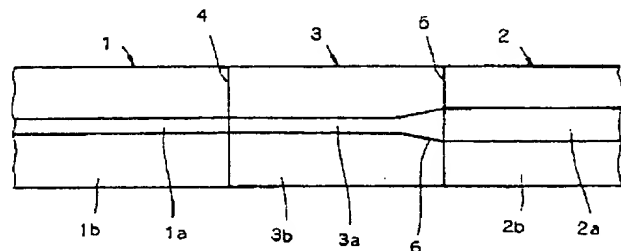
弁理士 若林 広志

(54) 【発明の名称】 分散補償光ファイバの接続構造および接続方法

(57) 【要約】

【構成】 クラッド1aが純シリカの分散補償光ファイバ1と、クラッド2aが純シリカの単一モード光ファイバ2とを接続する場合に、両光ファイバ1、2間に、モードフィールド径が分散補償光ファイバ1と同じで、クラッド3bがフッ素ドープシリカ、コア3aがGeO₂ドープシリカの中間光ファイバ3を介在させ、融着接続する。中間光ファイバ3と単一モード光ファイバ2の接続部5を加熱して、中間光ファイバ3のモードフィールド径を単一モード光ファイバ2のモードフィールド径に合うように拡大する。

【効果】 クラッドが純シリカからなる分散補償光ファイバを、クラッドが純シリカからなる通常の単一モード光ファイバと、低損失で接続できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバと、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバとの接続構造であって、前記分散補償光ファイバと単一モード光ファイバの間に、モードフィールド径が前記分散補償光ファイバのモードフィールド径と実質的に同じで、クラッドがフッ素ドーピングシリカからなり、コアが屈折率を高めるドーパントを含むシリカからなる中間光ファイバを介在させ、中間光ファイバの一端を前記分散補償光ファイバと融着接

続すると共に、中間光ファイバの他端を前記単一モード光ファイバと融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバとの接続部における中間光ファイバのモードフィールド径を単一モード光ファイバのモードフィールド径に合うように拡大したことを特徴とする分散補償光ファイバの接続構造。

【請求項2】中間光ファイバは、クラッドの、単一モード光ファイバのモードフィールド径に相当する径より内側の層にフッ素がドーピングされ、それより外側の層にはフッ素が実質的にドーピングされていないものであることを特徴とする請求項1記載の分散補償光ファイバの接続構造。

【請求項3】クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバと、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバとの接続方法であって、前記分散補償光ファイバと単一モード光ファイバの間に、モードフィールド径が前記分散補償光ファイバのモードフィールド径と実質的に同じで、クラッドがフッ素ドーピングシリカからなり、コアが屈折率を高めるドーパントを含むシリカからなる中間光ファイバを介在させ、中間光ファイバの一端を前記分散補償光ファイバと融着接

続すると共に、中間光ファイバの他端を前記単一モード光ファイバと融着接続した後、中間光ファイバと単一モード光ファイバとの接続部を加熱して、その接続部における中間光ファイバのモードフィールド径を単一モード光ファイバのモードフィールド径に合うように拡大することを特徴とする分散補償光ファイバの接続方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバとの接続構造および接続方法に関するものである。

【0002】

【従来技術】光通信システムの大容量化を図るため、既

存の伝送路を用いて1550nmの高速通信を行うことが検討されている。しかしながら現在ひろく布設されている1300nm零分散光ファイバは1550nm付近でのモード分散が18ps/nm/km程度あるため、100kmでは1800ps/nmに達し、高速通信を行う場合には何らかの分散補償手段が必要になる。

【0003】分散補償手段として現在もっとも実用的な方法と考えられているのが、伝送路の途中に負の分散特性をもつ分散補償光ファイバを挿入してモード分散を相殺する方法である。具体的には分散補償光ファイバを小さなパッケージにして、伝送装置に組み込むことが検討されている。

【0004】負の分散特性をもつ分散補償光ファイバは、 Δ （比屈折率差）が3%前後と高く、コア径が2~3 μ mと通常の単一モード光ファイバに比べて極端に小さい構造である。したがって分散補償光ファイバの1550nmでのモードフィールド径は4.5~5.5 μ m程度となる。

【0005】これに対し、1300nm零分散光ファイバの1550nmでのモードフィールド径は9~11 μ mであるから、この光ファイバと分散補償光ファイバをコネクタ接続すると、大きな接続損失が生じる。そこで、これを防ぐために、パッケージ内で分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバとを融着接続して、パッケージから引き出されるリードは通常の単一モード光ファイバとし、1300nm零分散光ファイバとのコネクタ接続を可能にしている。

【0006】この場合、分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバとの融着接続部は、接続後に加熱してコア内のGeを拡散させる処理（TEC法）を施すことにより、分散補償光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせるようにしている。これにより融着接続部の接続損失は大幅に低減でき、最終的なコネクタ入力からコネクタ出力までのトータル損失は、分散補償光ファイバに単にコネクタ付けしたものより格段に低減される。

【0007】ところで分散補償光ファイバは、 Δ を大きくする必要から、コアにGeO₂を、クラッドにフッ素をそれぞれ高濃度でドーピングしている。このような分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバ（リード用）とを融着接続して、その接続部を加熱した場合、分散補償光ファイバのフッ素ドーピングガラスの部分は軟化温度が低く、ガラス構造がルーズなため、GeO₂の拡散が速く、モードフィールド径の拡大が短時間に進む。これに対し、通常の単一モード光ファイバはクラッドが純シリカで構成されているため、クラッドの軟化温度が高く、GeO₂の拡散が進みにくい。したがって接続部を一定時間加熱した場合、単一モード光ファイバのモードフィールド径は拡大されずに、分散補償光ファイバのモードフィールド径だけが拡大される。その結果、融着接

3

続部の接続損失を小さくすることが可能となるわけである。これが従来、分散補償光ファイバとリード用の単一モード光ファイバとの融着接続部で、接続損失を小さくできる理由である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところが最近、分散補償光ファイバとして、分散特性改善のため、コアがGeO₂：高濃度ドーピングのセンターコアとフッ素ドーピングのサイドコアからなり、クラッドが純シリカからなる、W型と呼ばれる複雑な構造の光ファイバを使用することが検討されている。このような分散補償光ファイバは、フッ素をドーピングしたサイドコアの外径が5μm程度であり、クラッドが純シリカであるから、通常の単一モード光ファイバと融着接続した後、接続部を加熱しても、センターコアのGeO₂はフッ素をドーピングしたサイドコアまでしか拡散しない。もしGeO₂をクラッドまで拡散させようとして加熱時間を長くすれば、リード用の単一モード光ファイバでも同様なGeO₂の拡散が生じ、単一モード光ファイバのモードフィールド径も同様に拡大してしまう。

【0009】したがってクラッドが純シリカからなる分散補償光ファイバでは、クラッドが純シリカからなる通常の単一モード光ファイバとの融着接続部で、分散補償光ファイバだけ選択的にモードフィールド径を拡大することができず、接続損失を十分に低くすることができない、という問題があった。

【0010】本発明の目的は、クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバを、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバと、低損失で接続する手段を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため本発明では、クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバと、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバとを接続する場合に、前記分散補償光ファイバと単一モード光ファイバの間に、モードフィールド径が前記分散補償光ファイバのモードフィールド径と実質的に同じで、クラッドがフッ素ドーピングシリカからなり、コアが屈折率を高めるドーパント（GeO₂等）を含むシリカからなる中間光ファイバを介在させる。そして中間光ファイバの一端を前記分散補償光ファイバと融着接続すると共に、中間光ファイバの他端を前記単一モード光ファイバと融着接続する。さらに中間光ファイバと単一モード光ファイバとの接続部における単一モード光ファイバのモードフィールド径を単一モード光ファイバのモードフィールド径に合うように拡大する。このモードフィールド径の拡大は、融着接続後、その接続部を加熱することにより行う。

【0012】本発明の接続構造を概念的に図示すると図1のようになる。符号1は分散補償光ファイバで、Ge

4

O₂等を高濃度にドーピングしたコア（又はGeO₂等を高濃度にドーピングしたセンターコアとフッ素ドーピングしたサイドコアからなるコア）1aの外周に、純シリカからなるクラッド1bを設けたものである。2は通常の単一モード光ファイバで、GeO₂等をドーピングしたコア2aの外周に、純シリカからなるクラッド2bを設けたものである。分散補償光ファイバ1のモードフィールド径は単一モード光ファイバ2のモードフィールド径より格段に小さい。3は中間光ファイバで、GeO₂等を高濃度にドーピングしたコア3aの外周に、フッ素をドーピングしたクラッド3bを設けたものである。

【0013】また符号4は分散補償光ファイバ1と中間光ファイバ3との融着接続部、5は中間光ファイバ3と単一モード光ファイバ2との融着接続部、6は中間光ファイバ3と単一モード光ファイバ2との接続部5で中間光ファイバ3のモードフィールド径を単一モード光ファイバ2のモードフィールド径に合うように拡大した部分である。

【0014】

【作用】分散補償光ファイバ1と中間光ファイバ3はモードフィールド径が実質的に同じであるから、この両者を通常の融着接続で0.1dB以下の低損失で接続することは容易である。

【0015】一方、中間光ファイバ3と通常の単一モード光ファイバ2はモードフィールド径が異なるが、中間光ファイバ3は、クラッドにフッ素がドーピングされ、コアに屈折率を高めるドーパント（GeO₂等）が含まれているため、加熱されると、単一モード光ファイバ2より速く、コアのドーパントがクラッドに拡散し、モードフィールド径が拡大する。したがって中間光ファイバ3と単一モード光ファイバ2との融着接続部5を加熱することにより、中間光ファイバ3のモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバ2のモードフィールド径に合わせることができる。モードフィールド径を合わせた状態での接続損失は0.2dB以下にすることが可能である。したがって融着接続部が2箇所になってもトータルの接続損失はほぼ0.3dB以下にとどめることが可能である。

【0016】分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバとを直接融着接続した場合の接続損失は0.8dB以上であるから、これに比較すると本発明は、接続損失を大幅に低減できる。

【0017】

【実施例】

【実施例1】次のような光ファイバを用意した。

① 分散補償光ファイバ：コアがGeO₂：高濃度ドーピングシリカ、クラッドが純シリカ。Δ=3%、モードフィールド径=5.0μm。

② 通常の単一モード光ファイバ（リード用）：コアがGeO₂：ドーピングシリカ、クラッドが純シリカ。Δ=0.

4%、モードフィールド径=10 μ m。

③ 中間光ファイバ:

a. コアがGeO₂ 高濃度ドープシリカ [Δ (+) = 2. 9]、クラッドがフッ素ドープシリカ [Δ (-) = 0. 1]。 Δ = 3%、モードフィールド径=5. 0 μ m。

b. コアがGeO₂ 高濃度ドープシリカ [Δ (+) = 2. 7]、クラッドがフッ素ドープシリカ [Δ (-) = 0. 3]。 Δ = 3%、モードフィールド径=5. 0 μ m。

c. コアがGeO₂ 高濃度ドープシリカ [Δ (+) = 2. 5]、クラッドがフッ素ドープシリカ [Δ (-) = 0. 5]。 Δ = 3%、モードフィールド径=5. 0 μ m。

④ 通常の単一モード光ファイバ (伝送路用) : Δ = 0. 3%、モードフィールド径=10 μ m。

【0018】これらの光ファイバから次のようなサンプルを作製した。

サンプルA : ①の分散補償光ファイバの両端に③-aの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたも*

*の。

サンプルB : ①の分散補償光ファイバの両端に③-bの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたもの。

サンプルC : ①の分散補償光ファイバの両端に③-cの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたもの。

【0019】各サンプルの融着接続部の接続損失を測定した結果は表1のとおりであった。この結果によれば、中間光ファイバのクラッドへのフッ素ドープ量は、微量でも接続損失の低減効果がある (サンプルA) が、 Δ (-) = 0. 3%以上 (サンプルB、C) になると、接続損失の低減効果が良好なレベルで安定することが分かる。

【0020】

【表1】

	①と③間の接続損失	③と②間の接続損失	合計接続損失
サンプルA	0. 10 dB	0. 35 dB	0. 45 dB
サンプルB	0. 13	0. 15	0. 28
サンプルC	0. 15	0. 15	0. 25

【0021】また各サンプルの両端にコネクタを取り付け、④の単一モード光ファイバとコネクタ接続した結果、分散補償光ファイバの片側におけるコネクタを含む合計接続損失は0. 65~0. 45 dBであった。この結果は、次の比較例1、2に比べ、接続損失がほぼ半分以下という良好なものである。

【0022】〔比較例1〕実施例1の①の分散補償光ファイバの両端にコネクタを取り付け、④の単一モード光ファイバとコネクタ接続を行ったところ、接続損失は片側で1. 2 dBと大きな値を示した。

【0023】〔比較例2〕実施例1の①の分散補償光ファイバの両端に、②のリード用単一モード光ファイバを融着接続したところ、接続損失は片側で1. 2 dBと大きな値を示した。また融着接続部を加熱したところ、1分程度の加熱で接続損失は1. 0 dBまで低下したが、さらに加熱を続けると接続損失は逆に増加した。これは、単一モード光ファイバのコアのGeO₂ がクラッドへ大きく拡散して Δ が低下し、光の漏れが大きくなったためである。したがってこの方法では接続損失を1 dB

以下にすることができなかった。

【0024】また、実施例1の①の分散補償光ファイバの両端に、②のリード用単一モード光ファイバを融着接続し、融着接続部を加熱して接続損失を1. 0 dBとしたサンプルの両端にコネクタを取り付けて、④の単一モード光ファイバとコネクタ接続したところ、分散補償光ファイバの片側におけるコネクタを含む合計接続損失は最小で1. 2 dBであった。

【0025】〔実施例2〕実施例1の①の分散補償光ファイバの代わりに次の分散補償光ファイバを用意した。

⑤ 分散補償光ファイバ: センターコアがGeO₂ 高濃度ドープシリカ [Δ (+) = 3%]、サイドコアがフッ素ドープシリカ [Δ (-) = 0. 3%]、クラッドが純シリカのW型。モードフィールド径=5. 0 μ m。

このほかに実施例1の②、③、④の光ファイバを用意した。

【0026】これらの光ファイバから次のようなサンプルを作製した。

サンプルD : ⑤の分散補償光ファイバの両端に③-aの

中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたものの。

サンプルE：⑤の分散補償光ファイバの両端に③-bの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたものの。

サンプルF：⑤の分散補償光ファイバの両端に③-cの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの*

*外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたものの。

【0027】各サンプルの融着接続部の接続損失を測定した結果は表2のとおりであった。この結果からも、中間光ファイバのクラッドへのフッ素ドーパ量は、微量でも接続損失の低減効果がある（サンプルD）が、Δ（-）=0.3%以上（サンプルE、F）になると接続損失の低減効果が良好なレベルで安定することが分かる。

【0028】

【表2】

	⑤と③間の接続損失	③と②間の接続損失	合計接続損失
サンプルD	0.10 dB	0.35 dB	0.45 dB
サンプルE	0.11	0.15	0.26
サンプルF	0.13	0.15	0.28

【0029】また各サンプルの両端にコネクタを取り付け、実施例1の④の単一モード光ファイバとコネクタ接続した結果、分散補償光ファイバの片側におけるコネクタを含む合計接続損失は0.65~0.42 dBであった。この結果は、次の比較例3、4に比べ、接続損失がほぼ半分以上という良好なものである。

【0030】【比較例3】実施例2の⑤の分散補償光ファイバの両端にコネクタを取り付け、実施例1の④の単一モード光ファイバとコネクタ接続を行ったところ、接続損失は片端で1.3 dBと大きな値を示した。

【0031】【比較例4】実施例2の⑤の分散補償光ファイバの両端に、実施例1の②のリード用単一モード光ファイバを融着接続したところ、接続損失は片端で1.1 dBと大きな値を示した。また融着接続部を加熱しても接続損失は低下せず、加熱を続けると、単一モード光ファイバのコアのGeO₂の拡散により接続損失が1.3 dB以上になってしまった。

【0032】また、実施例2の⑤の分散補償光ファイバの両端に、実施例1の②のリード用単一モード光ファイバを融着接続したサンプルの両端にコネクタを取り付けて、実施例1の④の単一モード光ファイバとコネクタ接続したところ、分散補償光ファイバの片側におけるコネクタを含む合計接続損失は最小で1.3 dBであった。

【0033】なお以上の実施例では、中間光ファイバとしてクラッド全体にフッ素をドーパした光ファイバを使用した。中間光ファイバとしては、クラッドの、単一モード光ファイバのモードフィールド径に相当する径より内側の層にフッ素がドーパされ、それより外側の層に

はフッ素が実質的にドーパされていない光ファイバを使用することが望ましい。このようにすると単一モード光ファイバとの融着接続部を加熱した際に、中間光ファイバのコアのドーパントがクラッドに拡散する範囲が制限され、中間光ファイバのモードフィールド径を、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせることが容易になる。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバを、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバと接続する場合に、低損失で接続できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による分散補償光ファイバの接続構造を示す説明図。

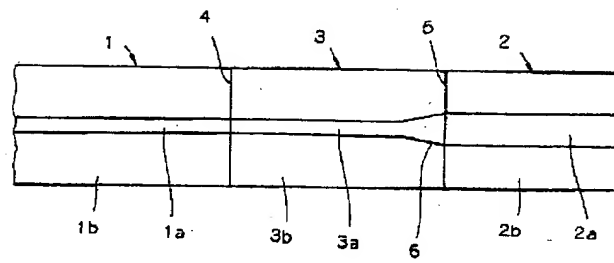
【符号の説明】

- 1：分散補償光ファイバ
- 1a：コア
- 1b：クラッド
- 2：通常の単一モード光ファイバ
- 2a：コア
- 2b：クラッド
- 3：中間光ファイバ
- 3a：コア
- 3b：クラッド
- 4、5：融着接続部
- 6：モードフィールド径拡大部

(6)

特開平8-190030

【図1】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the connection structure and the connection method of a distributed compensation optical fiber and the usual single mode optic fiber.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to attain large capacity-ization of an optical transmission system, performing 1550nm high-speed communication using the existing transmission line is examined. however, 1300nm 0 part diffused-light fiber laid widely now -- the mode dispersion near 1550nm -- about 18ps/nm/km -- for a certain reason, by 100km, it amounts to 1800 ps(es)/nm, and in performing high-speed communication, a certain distributed compensation means is needed

[0003] It is the way being considered the present most practical method as a distributed compensation means inserts the distributed compensation optical fiber which has a negative high distribution property in the middle of a transmission line, and it offsets a mode dispersion. Specifically making a distributed compensation optical fiber a small package, and including in transmission equipment is considered.

[0004] For the distributed compensation optical fiber with a negative high distribution property, delta (ratio refractive-index difference) is as high as 3% order, and a core diameter is 2-3 micrometers. Compared with the usual single mode optic fiber, it is extremely small structure. Therefore, the 1550nm diameter of the mode field of a distributed compensation optical fiber is set to about 4.5-5.5 micrometers.

[0005] On the other hand, since the 1550nm diameter of the mode field of 1300nm 0 part diffused-light fiber is 9-11 micrometers, if connector connection of this optical fiber and the distributed compensation optical fiber is made, big connection loss will produce it. Then, in order to prevent this, weld connection of a distributed compensation optical fiber and the usual single mode optic fiber is made within a package, and the lead pulled out from a package is made into the usual single mode optic fiber, and enables connector connection with a 1300 0 part diffused-light fiber.

[0006] In this case, the weld connection of a distributed compensation optical fiber and the usual single mode optic fiber expands the diameter of the mode field of a distributed compensation optical fiber, and it is made to double it with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber by performing processing (the TEC method) which it heats [processing] after connection and diffuses germanium incore. thereby, connection loss of a weld connection can be reduced sharply, and from what only carried out connector attachment, the total loss from a final connector input to a connector output is boiled markedly, and is reduced by the distributed compensation optical fiber

[0007] By the way, a distributed compensation optical fiber is GeO₂ to the required shell and core which enlarge delta. The fluorine is doped by high concentration to clad, respectively. When weld connection of such a distributed compensation optical fiber and the usual single mode optic fiber (for a lead) is made and the connection is heated, the portion of the fluorine dope glass of a distributed compensation optical fiber has a low softening temperature, and glass structure is eye a loose hatchet and GeO₂. Diffusion is quick and expansion of the diameter of the mode field progresses for a short time. On the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

other hand, since clad consists of pure silicas, the softening temperature of clad is high, and the usual single mode optic fiber is GeO₂. Diffusion cannot progress easily. Therefore, when fixed time heating of the connection is carried out, only the diameter of the mode field of a distributed compensation optical fiber is expanded, without expanding the diameter of the mode field of a single mode optic fiber. Consequently, it becomes possible to make connection loss of a weld connection small. Conventionally, this is the weld connection of a distributed compensation optical fiber and the single mode optic fiber for a lead, and is the reason which can make connection loss small.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, a core is GeO₂ as a recently and distribution compensation optical fiber because of a distributed property improvement. Using the optical fiber of the complicated structure where consist of a pin center, large core of a high concentration dope and a side core of a fluorine dope, and clad consists of a pure silica called W type is examined. Such a distributed compensation optical fiber is GeO₂ of a pin center, large core, even if it heats a connection after making weld connection with the usual single mode optic fiber, since the outer diameter of the side core which doped the fluorine is about 5 micrometers and clad is a pure silica. It is spread only to the side core which doped the fluorine. It is GeO₂. If you are going to make it spread to clad and heating time is lengthened, it will be GeO₂ with the same said of the single mode optic fiber for a lead. Diffusion will arise and the diameter of the mode field of a single mode optic fiber will be expanded similarly.

[0009] Therefore, in the distributed compensation optical fiber which clad becomes from a pure silica, there was a problem that only a distributed compensation optical fiber could not expand the diameter of the mode field alternatively, and clad could not make connection loss low enough by the weld connection with the usual single mode optic fiber which consists of a pure silica.

[0010] The purpose of this invention is to offer a means to connect the distributed compensation optical fiber which clad becomes from a pure silica substantially with the usual single mode optic fiber which clad becomes from a pure silica substantially with low loss.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The distributed compensation optical fiber which clad becomes from a pure silica substantially in this invention in order to attain this purpose, When clad connects the usual single mode optic fiber which consists of a pure silica substantially; between the aforementioned distributed compensation optical fiber and a single mode optic fiber The middle optical fiber which the diameter of the mode field is substantially [as the diameter of the mode field of the aforementioned distributed compensation optical fiber] the same, clad becomes from a fluorine dope silica, and a core becomes from the silica containing the dopants (GeO₂ etc.) which raise a refractive index is made to intervene. And while making weld connection of the end of a middle optical fiber with the aforementioned distributed compensation optical fiber, weld connection of the other end of a middle optical fiber is made with the aforementioned single mode optic fiber. Furthermore, the diameter of the mode field of the single mode optic fiber in the connection of a middle optical fiber and a single mode optic fiber is expanded so that the diameter of the mode field of a single mode optic fiber may be suited. Expansion of this diameter of the mode field is performed by heating the connection after weld connection.

[0012] If the connection structure of this invention is illustrated notionally, it will become like drawing 1. a sign 1 -- a distributed compensation optical fiber -- it is -- GeO₂ etc. -- clad 1b which becomes the periphery of core (or core which consists of side core which carried out fluorine dope with pin center, large core which doped GeO₂ etc. to high concentration) 1a doped to high concentration from a pure silica is prepared a single mode optic fiber usual in 2 -- it is -- GeO₂ etc. -- clad 2b which becomes the periphery of doped core 2a from a pure silica is prepared the diameter of the mode field of the distributed compensation optical fiber 1 is alike and smaller than the diameter of the mode field of a single mode optic fiber 2 3 -- a middle optical fiber -- it is -- GeO₂ etc. -- clad 3b which doped the fluorine is prepared in the periphery of core 3a doped to high concentration

[0013] Moreover, a sign 4 is the portion which 6 expanded so that the weld connection of the distributed compensation optical fiber 1 and the middle optical fiber 3 and 5 might be suited the weld connection of

THIS PAGE BLANK (USPTO)

the middle optical fiber 3 and a single mode optic fiber 2 and the diameter of the mode field of a single mode optic fiber 2 might be suited in the diameter of the mode field of the middle optical fiber 3 by the connection 5 of the middle optical fiber 3 and a single mode optic fiber 2.

[0014]

[Function] Since the distributed compensation optical fiber 1 and the middle optical fiber 3 have the substantially the same diameter of the mode field, it is easy the optical fiber to connect these both with the low loss of 0.1dB or less by the usual weld connection.

[0015] On the other hand, since the dopants (GeO₂ etc.) to which a fluorine is doped by clad and the middle optical fiber 3 and the usual single mode optic fiber 2 raise a refractive index to a core although the diameters of the mode field differ are contained, if the middle optical fiber 3 is heated, it will be quicker than a single mode optic fiber 2, the dopant of a core will diffuse it in clad, and the diameter of the mode field will expand it. Therefore, by heating the weld connection 5 of the middle optical fiber 3 and a single mode optic fiber 2, the diameter of the mode field of the middle optical fiber 3 can be expanded, and it can double with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber 2. Connection loss in the state where the diameter of the mode field was doubled can be made 0.2dB or less. Therefore, even if a weld connection becomes two places, total connection loss can be limited to about 0.3dB or less.

[0016] Since the connection loss at the time of making direct weld connection of a distributed compensation optical fiber and the usual single mode optic fiber is 0.8dB or more, as compared with this, this invention can reduce connection loss sharply.

[0017]

[Example]

[Example 1] The following optical fibers were prepared.

** Distributed compensation optical fiber : a core is GeO₂. A high concentration dope silica and clad are a pure silica. $\Delta = 3\%$, the diameter of the mode field = 5.0 micrometers.

** The usual single mode optic fiber (for a lead) : a core is GeO₂. A dope silica and clad are a pure silica. $\Delta = 0.4\%$, the diameter of the mode field = 10 micrometers.

** Middle optical fiber : a. core is GeO₂. A high concentration dope silica [$\Delta(+) = 2.9$] and clad are a fluorine dope silica [$\Delta(-) = 0.1$]. $\Delta = 3\%$, the diameter of the mode field = 5.0 micrometers.

b. A core is GeO₂. A high concentration dope silica [$\Delta(+) = 2.7$] and clad are a fluorine dope silica [$\Delta(-) = 0.3$]. $\Delta = 3\%$, the diameter of the mode field = 5.0 micrometers.

c. A core is GeO₂. A high concentration dope silica [$\Delta(+) = 2.5$] and clad are a fluorine dope silica [$\Delta(-) = 0.5$]. $\Delta = 3\%$, the diameter of the mode field = 5.0 micrometers.

** The usual single mode optic fiber (for transmission lines) : $\Delta = 0.3\%$, diameter = of the mode field 10 micrometer.

[0018] The following samples were produced from these optical fibers.

Sample A: What made weld connection of the middle optical fiber of **-a to the ends of the distributed compensation optical fiber of **, made weld connection of the single mode optic fiber of ** further at the outer edge of a middle optical fiber, heated the weld connection of a middle optical fiber and a single mode optic fiber, expanded the diameter of the mode field of a middle optical fiber, and was doubled with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber.

Sample B: What made weld connection of the middle optical fiber of **-b to the ends of the distributed compensation optical fiber of **, made weld connection of the single mode optic fiber of ** further at the outer edge of a middle optical fiber, heated the weld connection of a middle optical fiber and a single mode optic fiber, expanded the diameter of the mode field of a middle optical fiber, and was doubled with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber.

Sample C: What made weld connection of the middle optical fiber of **-c to the ends of the distributed compensation optical fiber of **, made weld connection of the single mode optic fiber of ** further at the outer edge of a middle optical fiber, heated the weld connection of a middle optical fiber and a single mode optic fiber, expanded the diameter of the mode field of a middle optical fiber, and was doubled with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0019] The result which measured connection loss of the weld connection of each sample was as in Table 1. according to this result -- the amount of fluorine dopes to the clad of a middle optical fiber -- the reduction effect of connection loss of a minute amount -- it is (sample A) -- it turns out that the reduction effect of connection loss is stabilized on good level as becoming more than $\Delta(-) = 0.3\%$ (samples B and C)

[0020]

[Table 1]

	①と③間の接続損失	③と②間の接続損失	合計接続損失
サンプルA	0. 1 0 d B	0. 3 5 d B	0. 4 5 d B
サンプルB	0. 1 3	0. 1 5	0. 2 8
サンプルC	0. 1 5	0. 1 5	0. 2 5

[0021] Moreover, as a result of attaching a connector in the ends of each sample and making connector connection with the single mode optic fiber of **, the sum total connection loss containing the connector in one side of a distributed compensation optical fiber was 0.65-0.45dB. This result is a good thing almost called below a half in connection loss compared with the following examples 1 and 2 of comparison.

[0022] [Example 1 of comparison] When the connector was attached in the ends of the distributed compensation optical fiber of ** of an example 1 and connector connection was made with the single mode optic fiber of **, connection loss showed 1.2dB and the big value at one side.

[0023] [Example 2 of comparison] When weld connection of the single-mode optical fiber for a lead of ** was made, connection loss showed 1.2dB and the big value to the ends of the distributed compensation optical fiber of ** of an example 1 at one side. Moreover, although connection loss fell to 1.0dB by heating for about 1 minute when the weld connection was heated, when heating was continued further, connection loss increased conversely. This is GeO₂ of the core of a single mode optical fiber. It is because it was greatly spread to clad, Δ fell and the leakage of light became large. Therefore, connection loss was not able to be set to 1dB or less by this method.

[0024] Moreover, when the connector was attached in the ends of the sample which made weld connection of the single-mode optical fiber for a lead of **, heated the weld connection to the ends of the distributed compensation optical fiber of ** of an example 1, and set connection loss to 1.0dB to them and connector connection was made with the single mode optic fiber of **, the sum total connection loss containing the connector in one side of a distributed compensation optical fiber was 1.2dB at the minimum.

[0025] [Example 2] The following distributed compensation optical fiber was prepared instead of the distributed compensation optical fiber of ** of an example 1.

** Distributed compensation optical fiber : a pin center, large core is GeO₂. For high concentration dope [$\Delta(+)=3\%$] and a silica, and a side core, fluorine dope [$\Delta(-)=0.3\%$] and a silica, and clad are W type of a pure silica. The diameter of the mode field = 5.0 micrometers.

In addition, the optical fiber of ** of an example 1, **, and ** was prepared.

[0026] The following samples were produced from these optical fibers.

Sample D: What made weld connection of the middle optical fiber of **-a to the ends of the distributed compensation optical fiber of **, made weld connection of the single mode optic fiber of ** further at the outer edge of a middle optical fiber, heated the weld connection of a middle optical fiber and a single mode optic fiber, expanded the diameter of the mode field of a middle optical fiber, and was doubled with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber.

Sample E: What made weld connection of the middle optical fiber of **-b to the ends of the distributed compensation optical fiber of **, made weld connection of the single mode optic fiber of ** further at

THIS PAGE BLANK (USPTO)

the outer edge of a middle optical fiber, heated the weld connection of a middle optical fiber and a single mode optic fiber, expanded the diameter of the mode field of a middle optical fiber, and was doubled with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber.

Sample F: What made weld connection of the middle optical fiber of ** -c to the ends of the distributed compensation optical fiber of **, made weld connection of the single mode optic fiber of ** further at the outer edge of a middle optical fiber, heated the weld connection of a middle optical fiber and a single mode optic fiber, expanded the diameter of the mode field of a middle optical fiber, and was doubled with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber.

[0027] The result which measured connection loss of the weld connection of each sample was as in Table 2. from this result -- the amount of fluorine dopes to the clad of a middle optical fiber -- the reduction effect of connection loss of a minute amount -- it is (sample D) -- when it becomes more than $\Delta(-) = 0.3\%$ (samples E and F), it turns out that the reduction effect of connection loss is stabilized on good level

[0028]

[Table 2]

	⑤と③間の接続損失	③と②間の接続損失	合計接続損失
サンプルD	0. 1 0 d B	0. 3 5 d B	0. 4 5 d B
サンプルE	0. 1 1	0. 1 5	0. 2 6
サンプルF	0. 1 3	0. 1 5	0. 2 8

[0029] Moreover, as a result of attaching a connector in the ends of each sample and making connector connection with the single mode optic fiber of ** of an example 1, the sum total connection loss containing the connector in one side of a distributed compensation optical fiber was 0.65-0.42dB. This result is a good thing almost called below a half in connection loss compared with the following examples 3 and 4 of comparison.

[0030] [Example 3 of comparison] When the connector was attached in the ends of the distributed compensation optical fiber of ** of an example 2 and connector connection was made with the single mode optic fiber of ** of an example 1, connection loss showed 1.3dB and the big value at one end.

[0031] [Example 4 of comparison] When weld connection of the single-mode optical fiber for a lead of ** of an example 1 was made, connection loss showed 1.1dB and the big value to the ends of the distributed compensation optical fiber of ** of an example 2 at one end. Moreover, even if it heats a weld connection, when connection loss does not fall but continues heating, it is GeO₂ of the core of a single mode optic fiber. Connection loss is 1.3dB or more by diffusion.

[0032] Moreover, when the connector was attached in the ends of the distributed compensation optical fiber of ** of an example 2 to the ends of the sample which made weld connection of the single-mode optical fiber for a lead of ** of an example 1 and connector connection was made with the single mode optic fiber of ** of an example 1, the sum total connection loss containing the connector in one side of a distributed compensation optical fiber was 1.3dB in the minimum.

[0033] In addition, although the optical fiber which doped the fluorine was used for the whole clad as a middle optical fiber in the above example, it is desirable to use the optical fiber by which a fluorine is doped as a middle optical fiber by the layer inside the path equivalent to the diameter of the mode field of a single mode optic fiber of clad, and the fluorine is not substantially doped by the layer outside it. When are done in this way and a weld connection with a single mode optic fiber is heated, the range which the dopant of the core of a middle optical fiber diffuses in clad is restricted, and it becomes easy to double the diameter of the mode field of a middle optical fiber with the diameter of the mode field of a single mode optic fiber.

[0034]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Effect of the Invention] As explained above, when clad connects the distributed compensation optical fiber which clad becomes from a pure silica substantially with the usual single mode optic fiber which consists of a pure silica substantially according to this invention, it is effective in being connectable with low loss.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)